

УДК 628.349.08

ИНТЕГРАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕНИТРИФИКАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД

А.В. Гавриленко, В.П. Молчанов

Любая научно-исследовательская работа обеспечивает не только развитие устойчивого и эффективного взаимодействия между различными научными школами, применение их опыта, навыков и знаний для модернизации отечественной системы науки, образования и высоких технологий, внедрение результатов НИР в разнообразные отрасли промышленности, но и комплексный междисциплинарный подход в подготовке бакалавров и специалистов.

Любое исследование от идеи до реализации должно пройти несколько стадий: планирование, проектирование, разработка опытной (лабораторной) модели, сбор и анализ результатов, корректировки, первая опытная партия, постановка на производство и т. д. Все вышеперечисленные стадии должны четко регламентироваться. Кроме того, на каждом из этапов необходимо документирование в ходе процесса, не только регистрирующее проводимые исследования и работы, но и подтверждающее их качество.

Наиболее актуальной экологической проблемой современности является проблема загрязнения водных ресурсов. Загрязнение вод наносит огромный ущерб окружающей среде, при этом нередко происходят необратимые изменения в развитии биогеоценозов водных объектов, сокращаются их биологические ресурсы.

К основным и наиболее опасным загрязнителям водных источников относятся нитраты. При длительном употреблении питьевой воды и пищевых продуктов, содержащих их значительные количества (от 25 до 100 мг/дм³ по азоту), они могут оказывать токсическое действие. Повышенная доза этих соединений в организме человека может привести к смерти, меньшие дозы вызывают подавленность, депрессии, раздражимость. Именно нитраты реагируют с гемоглобином крови, лишая красные кровяные тельца возможности питать кислородом клетки тела. В результате нарушается обмен веществ, снижается способность организма противостоять болезням.

Ряд предприятий сбрасывает свои стоки непосредственно в открытые водоемы. В больших количествах нитраты попадают в водоемы вместе со сточными водами целлюлозно-бумажных, лакокрасочных химических предприятий, заводов по производству удобрений. Наряду с ограничением эмиссии азота из промышленности, сельского и домашнего хозяйства, транспорта и с рациональным использованием удобрений без урона для окружающей среды, необходимо разрабатывать и применять различные технологические мероприятия по снижению содержания нитратов в грунтовых и питьевых водах [1].

На данный момент существует несколько методов очистки сточных вод от нитратов, такие как биологическая (азротенки, биофильтры), физико-химическая (системы обратного осмоса, электродиализаторы, различные фильтрационные установки на основе ионно-обменных смол), химическая (катионные фильтры, установки фотохимической очистки и обеззараживания воды, основанные на использовании методов фотолитического озонирования) очистка стоков. В последнее десятилетие получили развитие каталитические методы восстановления нитратов и нитритов до азота. Общим недостатком перечисленных выше методов является то, что при их применении нитрат-ионы удаляются из очищаемой воды, но остаются в виде высококонцентрированных растворов.

В настоящее время на кафедре биотехнологии и химии ТвГТУ разрабатывается перспективный метод удаления нитратов. Этот способ каталитического восстановления

нитратов представляет собой селективный и почти безосадочный метод: на биметаллических катализаторах нитрат и другие интермедиаты селективно восстанавливаются до азота. Грамотный выбор условий осуществления химической реакции (температура, давление, продолжительность процесса) и каталитической системы (металлы, носитель и его поверхностные характеристики) позволяет повысить реакционную способность участников процесса денитрификации [2].

В то же время одним из перспективных направлений в химии и химической технологии является применение ультразвукового воздействия (УЗВ). При реализации каталитических процессов применение ультразвукового воздействия возможно на стадиях получения, активации и регенерации катализатора, а также при непосредственном проведении реакции.

Наиболее эффективным катализатором является Pd-Cu/ γ -Al₂O₃, это биметаллический палладий-медный гетерогенный катализатор на носителе γ -Al₂O₃. На данном катализаторе медь и палладий на поверхности алюминия закрепляются очень крепко таким образом, что в течение 5 последовательных реакционных циклов каталитическая активность не изменяется.

Под влиянием ультразвука увеличивается каталитическая активность катализатора, которая на несколько порядков превосходит изменение его удельной поверхности. Возможно, это связано со специфическим действием ультразвука на природу активных центров. Изменение природы активных центров способствует изменению не только каталитической активности, но и селективности реакции, в том числе и энантиоселективности.

Феномен увеличения количества активных центров может быть объяснен с позиции механического воздействия ультразвуковых колебаний на микроструктуру каталитических систем, в результате которого присутствующие в объеме носителя каталитически активные кластеры металлов стряхиваются на поверхность.

Скорость каталитических реакций в ультразвуковом поле в течение длительного времени остается постоянной, то есть увеличивается стабильность катализатора. Помимо этого, акустические волны изменяют энергию активации и порядок реакций.

Наилучшие результаты были получены при обработке катализатора ультразвуком с интенсивностью $I = 3 \text{ Вт/см}^2$ в течение 15 с. Частоты ультразвука рекомендованы к промышленному использованию.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что способ каталитической денитрификации является качественно новым, а значит, создание и изучение стабильных катализаторов для процесса денитрификации представляется перспективным и экономически выгодным направлением исследований.

Данное изобретение относится к производству катализаторов и может быть использовано в химической промышленности и при решении экологических проблем, возникающих в связи с очисткой промышленных и бытовых стоков [3].

Разработка и изготовление каталитических систем, исследование их поведения в маленьком лабораторном реакторе – хорошая практика для применения теоретических знаний студентами направления 04.03.01 Химия.

При этом нельзя безоговорочно и полностью перенести результаты исследований, например, микрокинетики каталитической реакции на макросистему. Кроме разработки полупромышленного реактора необходимо провести дополнительное изучение поведения большого объема (количества) катализатора как при обработке ультразвуком, так и в условиях, приближенных к реалиям производственного процесса. Это хорошая задача для будущих бакалавров направления 18.03.01 Химическая технология.

Сточные воды промышленных предприятий представляют собой смесь различных вредных и опасных соединений, многие из которых удаляются, в том числе биологическими и биотехнологическими методами. Отличные идеи и комбинации

для решения проблем такого рода могут предложить обучающиеся на направлении 19.03.01 Биотехнология.

Для того чтобы изобретенный катализатор успешно применялся в промышленности, необходимо разработать лабораторный и далее технологический регламент.

Лабораторный регламент является первым этапом разработки технологического регламента. Это технологический документ, которым завершаются научные исследования в лабораторных условиях. Лабораторный регламент используется при проектировании и эксплуатации опытно-промышленных установок, для отработки новой технологии производства и т. д.

Технологический регламент – это основной технический документ, определяющий оптимальный технологический режим, порядок проведения операций технологического процесса, обеспечивающий выпуск продукции требуемого качества, безопасных условий эксплуатации производства, а также выполнение требований по охране окружающей среды.

Технологический регламент следует разрабатывать для технологического процесса производства определенных видов продуктов (или полупродуктов) заданного качества.

Подготовка студентов направления 27.03.01 Стандартизация и метрология при совместной работе с коллегами позволяет не только глубже понять и изучить тематику научного исследования, но и организовать разработку и внедрение необходимой документации.

Таким образом, интеграция научно-исследовательской деятельности в учебный процесс не только позволяет применить на практике теоретические знания, полученные в ходе обучения, но и способствует приобретению навыков совместной работы будущими бакалаврами и магистрами различных направлений.

Библиографический список

1. Гавриленко, А.В. Каталитическое восстановление нитратов / А.В. Гавриленко, В.П. Молчанов // Вестник Тверского государственного технического университета. 2004, № 5. С. 81.
2. Гавриленко, А.В. Разработка научных основ технологии каталитической денитрификации – новый подход к очистке промышленных сточных вод / А.В. Гавриленко, К.В. Никифорова, Э.М. Сульман // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Химия». 2011, № 12. С. 93–99.
3. Никифорова, К.В. Лабораторный регламент: от науки к промышленности. Необходимость разработки нормативно-технической документации для процесса каталитической денитрификации / К.В. Никифорова, А.В. Гавриленко, Э.М. Сульман // Вестник Тверского государственного технического университета. 2012, № 20. С. 100–104.